

Для управления тележкой используется контроллер LOGO! 6ED1052-1MD00-0BA7, относящийся к семейству программируемых логических контроллеров. Контроль положения тележки, наличие фанеры и состояние мест разгрузки контролируются индуктивными и ультразвуковыми датчиками.

Контроллер обеспечивает выполнение следующего алгоритма:

1) при появлении пачки фанеры на вальцах у горячего пресса, тележка перемещается к нему. Если тележка нагружена, она разгружается на стол у обрезного стола. Если он занят, тележка разгружается на резервный стол. Если и он загружен, тележка ждет возможности разгрузиться на стол к обрезному станку;

2) если обрезной станок освободился, то он подает сигнал и забирает фанеру со стола;

3) если свободны стол у обрезного станка и резервный стол, то тележка выбирает на разгрузку столу у обрезного станка;

4) если стол у обрезного станка занят, но свободен резервный стол, тележка разгрузится на него только при получении сигнала о появлении пачки фанеры на выходе с горячего пресса;

5) если стол у обрезного станка и тележка свободны, сигнал с вальцов у горячего пресса не поступает, но загружен резервный стол, то резервный стол разгрузится на телегу, а тележка разгрузится на стол у обрезного станка;

6) тележка не должна проезжать дальше крайних индуктивных датчиков;

7) индуктивный датчик на замедление тележки для плавной остановки у крайних индуктивных датчиков;

8) при возникновении аварийных ситуаций формируется звуковой и световой сигналы.

УДК 630.52:587/588

Бак. С. А. Панфилов  
Рук. С. П. Санников  
УГЛТУ, Екатеринбург

## **К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ДЕНДРОМЕТРА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДРЕВОСТОЕВ**

В работе [1] предложена методика дистанционного мониторинга древостоев с использованием датчиков, работа которых основана на радиочастотной идентификации, то есть на применении технологии RFID-меток (Radio Frequency Identification). RFID-метки бывают пассивные (классические, данные которых можно только считывать) и активные, которые

могут работать по определенному алгоритму, а данные можно считывать классическим способом и активировать по сети [2].

Активные RFID-метки можно превратить в измерительные датчики, с которых можно собирать данные по сети. Промышленность не выпускает датчики технологии RFID для лесной отрасли. На рынке есть датчики для нужд медицины, спортсменов, животноводства, которые невозможно приспособить для контроля состояния древостоев. По этой причине необходимо разрабатывать новые измерительные датчики, способные контролировать параметры окружающей среды:

- концентрация дыма (важное для лесной отрасли современное предотвращение лесных пожаров);
- концентрация кислорода и углекислого газа в лесу (мониторинг состояния древостоев);
- влажность и температуры древесины и воздуха, измерение скорости и направления ветра (прогнозирование пожарной обстановки в лесу);
- измерения высоты и диаметра дерева (мониторинг прироста древесины (для таксации));
- другие параметры.

На данный момент специалистами лесхозов и лесозаготовителей не сформулирован перечень конкретных параметров для разработки необходимых им измерительных автоматических датчиков.

На кафедре автоматизации производственных процессов УГЛТУ ведется разработка измерительных радиочастотных устройств по RFID-технологии. Некоторые прототипы таких устройств мы представляли на выставках, в журналах и материалах различных конференций. В них изложены предложения и основные проблемы.

Для измерения прироста дерева используют измерительное устройство «Дендрометр». В качестве прототипа взяли разработку У.А. Онучиной и С.П. Санникова «Измеритель диаметра дерева для таксационного мониторинга» [3]. У взятого прототипа измерительная лента должна удлиниться в десять раз.

Для решения задач мониторинга необходимо определить два параметра:

- давление поверхности ствола дерева на ленту дендрометра;
- коэффициент упругости конструкции измерительной ленты дендрометра.

Предположим, что сложная конструкция ленты имеет линейную характеристику при растяжении по закону Гука:

$$\Delta L = \frac{F}{k}, \quad (1)$$

где  $\Delta L$  – удлинение конструкции ленты, м;  $F$  – сила, действующая со стороны поверхности ствола дерева на конструкцию ленты, Н;  $k$  – упругости конструкции ленты, Н/м.

Предварительные расчеты показали, что использование классической пружины с постоянным коэффициентом упругости не обеспечит нормальную работу измерительного устройства дендрометра. Необходимо, чтобы наш дендрометр мог работать в течение всего периода роста дерева. Начальный диаметр ствола (когда устанавливается датчик) 50...63 мм, конечный  $\approx 500$  мм (когда спелость древесины станет товарной). Для упрощения расчетов приняли величину  $\Delta L = 450$  мм. При этом не известны величины: сила, действующая со стороны поверхности ствола дерева на конструкцию ленты  $F$  и упругость конструкции ленты  $k$ .

Для того, чтобы определить величину  $F$ , исследуем структуру строения ствола дерева.

Известно, что древесный сок транспортируется из корней к самой вершине дерева, к его листьям через ветки, на высоту 25 м и выше. Также известно, что клетки камбия участвуют в приросте диаметра дерева, следовательно, необходимо определить давление жидкости внутри клетки и вычислить силу воздействия жидкости на стенки клетки. Строение всех клеток в стволе дерева очень сложное. Сделаем некоторые допущения: пусть клетка будет имеет вытянутую форму, имеющую в сечении круг или квадрат; торцы клетки перекрыты плоской мембраной того же сечения.

Определим полную поверхность клетки  $S$  с учетом наших допущений:

$$S = 2\pi R(R + h) , \quad (2)$$

где  $R$  – радиус клетки;  $h$  – высота клетки.

Анализ многочисленных источников показал, что нет конкретных исследований и методик определения давления жидкости в клетке. По некоторым данным растение развивает давление жидкости (осмотический потенциал) в пределах от 300 до 500 кПа, по другим данным 150...200 кПа. Примем величину соматического давления для наших модельных расчетов равной 300 кПа.

Известны, размеры клеток трахеиды: высота  $h = 3500$  мкм и толщина  $b = 35$  мкм. Примем эти размеры для дальнейших расчетов и вычислим полную площадь поверхности клетки по вышеприведенной формуле:  $S_k = 386,57 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$ .

Далее рассчитаем силу, с которой внутриклеточная жидкость воздействует на стенки своей оболочки под давлением осмотического давления внутри клетки по известной формуле в гидравлике:

$$F_k = P \cdot S_k , \quad (3)$$

где  $F_k$  – сила, с которой жидкость воздействует на стенки клетки, Н;  $P$  – давление жидкости внутри клетки, Па;  $S_k$  – полная поверхность клетки,  $\text{м}^2$ .

После вычислений получили, что клетка давит на соседние клетки с силой 0,12 Н (0,12 кгс·м·с<sup>-2</sup>). Многие исследователи утверждают, что клетки камбия имеют одинаковый размер и расположены вплотную друг к другу, следовательно и сила, с которой они воздействуют на луб и пробку, будут одинаковыми (примем за аксиому).

Таким образом, на измерительную ленту нашего дендрометра сила со стороны дерева будет равна силе внутри клетки, а именно 0,12 Н. Исходя из этого, не сложно определить жесткость конструкции пружины, которая не должна превышать  $k = 0,26$  Н/м.

## *Библиографический список*

1. Санников С. П., Герц Э. Ф., Дьячкова А. А. Методология дистанционного мониторинга древостоев и транспортных потоков древесины// Лесной журнал. – Архангельск. – С(А)ФУ. – 2016. – С. 109–115. – URL: <http://narfu.ru/university/library/books/2780.pdf> (дата обращения: 16.11.2020).
2. Akyildiz I. F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayici E. «Wireless sensor networks: a survey», Georgia Institute of Technology. – Atlanta. – Dec. – 2010. – URL: <https://ru.scribd.com/document/417847572/alex-pdf> (дата обращения: 16.11.2020).
3. Онучина У. А., Санников С. П. Измеритель диаметра дерева для таксационного мониторинга // Научное творчество молодежи — лесному комплексу России: материалы XI Всероссийской науч.-техн. конф. – Ч. 1. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. – С. 18–20.

УДК 630.52:587/588

Бак. С. О. Подковыркин  
Рук. С. П. Санников  
УГЛТУ, Екатеринбург

## **ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРИРОСТА ДЕРЕВА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ИЗГИБА**

Научный подход к таксации леса, а так же к разработке методов учета леса, основан на выявлении статических и динамических закономерностей состояния древостоев. Необходим периодический мониторинг прироста древесины дерева. Существующие методики рекомендуют проводить измерения с периодичностью: ежегодно, раз в пять или десять лет и т.д. Это связано с большими затратами на проведение таксационных работ на пробных площадях, удаленных от населенных мест.

Мы несколько работ посвятили дистанционному мониторингу древостоев с использованием датчиков технологии RFID (радиочастотная